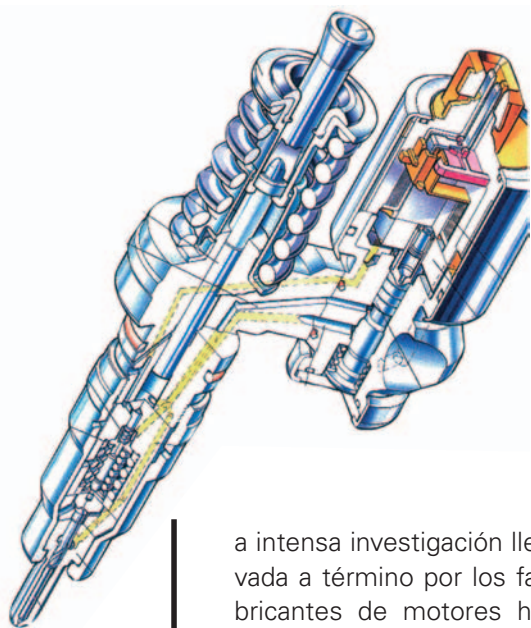


MOTORES DEL PRESENTE PARA EL FUTURO

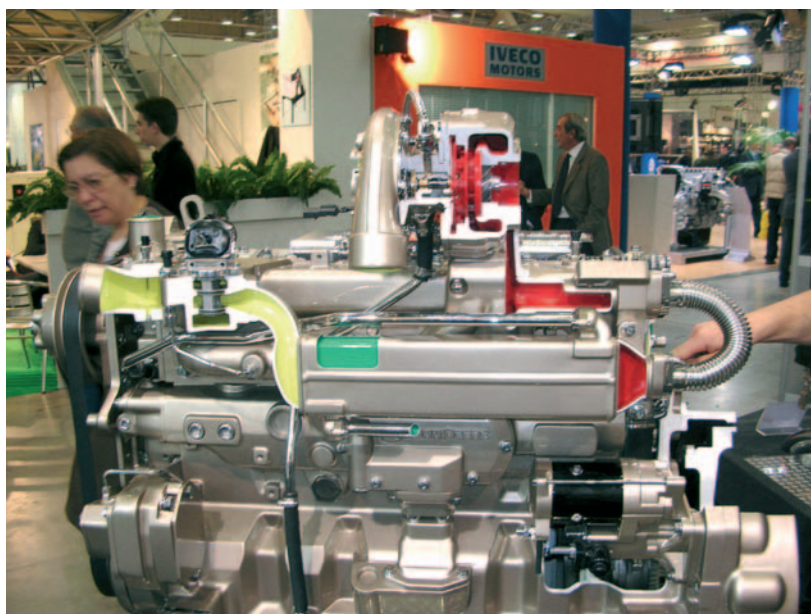
PARTE III.- SOLUCIONES INCORPORADAS PARA REDUCIR LAS EMISIONES EN LOS GASES DE ESCAPE

Cerramos la trilogía dedicada a los motores con la situación actual que viven los fabricantes, obligados a adaptar sus productos a las, cada vez, más exigentes normativas. Esto conlleva progresos incesantes, pero habrá que dar algunos pasos más para llegar a la meta.



La intensa investigación llevada a término por los fabricantes de motores ha permitido poner en el mercado motores adaptados a las exigencias de la normativa.

De una manera generalizada, se han buscado soluciones que pudieran adaptarse a una estructura básica común, sobre la que se realizan las transformaciones correspondientes a los sistemas de admisión y escape, a la inyección y al control del turbo que se encarga de la sobrealimentación, utilizando, en los motores que



superan los límites más estrictos, una electrónica extrema que permite controlar de manera instantánea, en tiempo real, todos los parámetros de la combustión, cualquiera que sea el punto de funcionamiento del motor.

De esta manera se reducen las inversiones y se van adaptando las cadenas de producción a la demanda de motores de las diferentes zonas geográficas, según las normas que en las mismas se apliquen.

■ El Common Rail

Los cambios más importantes en los motores para adaptarse a la normativa de emisiones, se producen en el sistema de inyección. De las alternativas tecnológicas disponibles, como son la bomba con el tubo de inyec-

ción corto, la bomba-inyector y el *common-rail*, es este último el que más frecuentemente se utiliza, por adaptarse con facilidad a los motores de potencias inferiores a los 300 CV, que son mayoría en los tractores agrícolas, a la vez por la flexibilidad y precisión que ofrece. Esto no quiere decir que sea la única alternativa, especialmente cuando aumenta la potencia de los motores.

Este sistema de inyección, originalmente desarrollado por Grupo Fiat Auto y la Universidad de Zurich, utiliza el gasóleo confinado a presión en un depósito para tenerlo disponible en la inyección de manera instantánea, controlando los inyectores electrónicamente. Magneti Marelli pone en el mercado las primeras unidades (1990), pero en 1994 se busca un nuevo socio, que es Robert Bosch GMBH.

En el *common rail*, al estar separada la generación de la presión del combustible de la inyección del mismo, la presión se puede alcanzar con independencia del régimen de giro y del caudal de combustible inyectado.

Como datos técnicos del *common rail* (o "conducto común") se tienen los 1350 a 1600 bar de presión en el recipiente de acumulación de gasóleo, que progresivamente se incrementa en los diseños más recientes, y el control del caudal de inyección a partir del mando del acelerador.

Un conjunto de sensores permiten determinar la posición del acelerador, el régimen de giro del motor, el caudal de aire aspirado por el motor, la presión de sobrealimentación, la presión en el "conducto común", la posición del pistón en cada cilindro, a través del ángulo girado por el árbol de levas, y la temperatura del agua de refrigeración.

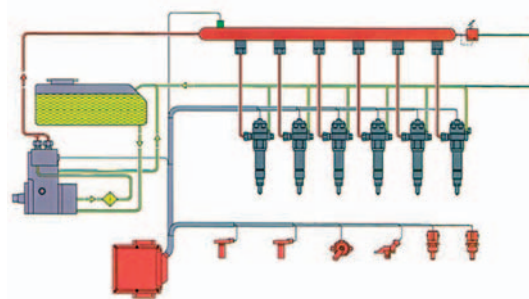
La unidad de gestión electrónica, mediante la información que recibe de diferentes sensores, genera una señal de mando que determina el momento de la inyección, el caudal inyectado y el inyector que debe de activarse, utilizando como referencia los datos almacenados en su memoria, y realiza otras funciones adicionales, que permiten reducir el consumo de combustible y las emisiones de gases de escape, regulando la retroalimentación de gases de escape y la presión de sobrealimentación del compresor.

En la inyección con un sistema convencional no se puede separar la generación de presión de la inyección del combustible, ya que la presión aumenta con el régimen de giro del motor y el caudal inyectado. También aumenta de manera continua y desciende bruscamente al final del ciclo. Los caudales de inyección pequeños se inyectan a presiones bajas y la presión máxima es igual a dos veces la presión media. El desarro-

llo creciente de la inyección favorece la combustión.

Por el contrario, con el *common rail*, el caudal de inyección y la presión se establecen por separado, siendo independientes entre sí y en cada punto de funcionamiento del motor. Además, la inyección se realiza al menos en dos etapas, la primera de las cuales tiene lugar con un anticipo hasta de 90° del punto muerto superior; en ésta se suministra una pequeña cantidad de combustible para el acondicionamiento previo de la cámara de combustión, lo que aumenta ligeramente la compresión, con lo que mejora el rendimiento.

También se produce un retraso de la combustión en la fase principal y se reducen los valores punta de la presión, por lo que disminuye el ruido, el consumo de combustible y las emisiones de gases. En la fase principal se aporta la mayor parte del com-



diente sistema de filtración del gasóleo, y una bomba de alta, para lo que se utilizan bombas radiales de tres pistones, por lo que ofrecen tres carreras por vuelta, que alimenta el depósito común (calderín), el cual dispone de un sensor de presión, de manera que, con una válvula limitadora de presión controlada mediante un electroimán, se mantiene la presión del gasóleo en la cabeza de cada inyector.

La aguja del inyector también se controla mediante un electroimán, minimizando el goteo de combustible, a la vez que

CON EL 'COMMON RAIL', EL CAUDAL DE INYECCIÓN Y LA PRESIÓN SE ESTABLECEN POR SEPARADO, SIENDO INDEPENDIENTES ENTRE SÍ Y EN CADA PUNTO DE FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR

bustible, manteniendo inalterada la presión de inyección.

Normalmente, a la inyección principal sigue una inyección complementaria durante la fase de expansión y que puede llegar hasta la fase de escape, 200° después del punto muerto superior; así se introduce combustible que se evapora y actúa como reductor para que, con un catalizador, disminuya el NO_x.

En consecuencia, el sistema se compone de una bomba de baja presión, en la que se alcanzan presiones de 400 a 550 kPa a régimen nominal y de 200 a 250 al ralentí, con su correspon-

se produce la inyección por varios orificios (*multijet*). En el futuro, contando con inyectores piezoeléctricos, la velocidad de acción será cuatro veces más rápida, consiguiéndose hasta 5 inyecciones por ciclo en tiempos de 200 microsegundos.

La base del funcionamiento del sistema es la centralita electrónica que lo controla. La velocidad de procesamiento de los datos y la memoria con referencias, que marcan las pautas de comportamiento en diferentes circunstancias, son las que establecen las diferencias entre los fabricantes, además de otros

elementos del motor que pueden ser controlados de manera simultánea, como la apertura y el cierre de las válvulas o la presión de soplado del turbo.

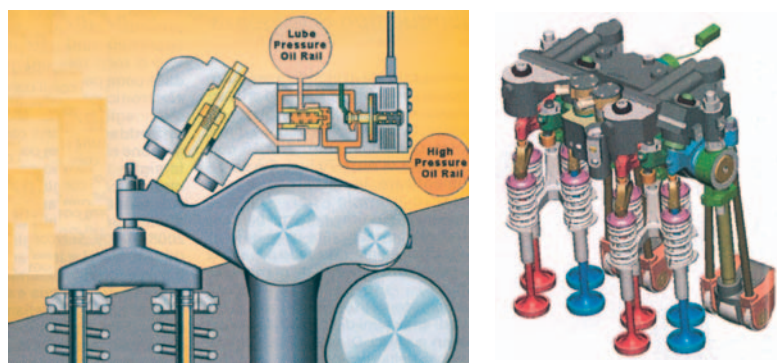
Caterpillar y su sistema ACERT

El sistema ACERT incorporado a sus motores ha marcado las diferentes alternativas posibles para reducir las emisiones contaminantes en los casos de escape, ya que esta tecnología se basa en un mejoramiento continuo del proceso de combustión, como su nombre indica (ACERT: *Advanced Combustion Evolution through Revolution Technology*).

Para ello se controlan electrónicamente los sistemas de aspiración, de inyección, de combustión y de post-tratamiento de los gases de escape, utilizando una centralita electrónica, designada como ADEM, que se encarga de maximizar las prestaciones reduciendo las emisiones. En la versión 4 se ha aumentado su capacidad de memoria y velocidad de ejecución, de manera que se puede comparar la situación en la que trabaja el motor con las referencias registradas en laboratorio, hasta trescientas, para optimizar el funcionamiento. El microprocesador utilizado trabaja con 32 bits.

Además se trabaja con cuatro válvulas por cilindro con flujo cruzado (aspiración y escape en

Sistema de control de cierre y apertura de válvulas con actuador hidráulico



lados opuestos del motor), para mejorar el llenado de los cilindros. Se puede incorporar un sistema que modifica la apertura y cierre de las válvulas de admisión y de escape a través de un actuador hidráulico pilotado electrónicamente.

La válvula de regulación de la presión del turbo dispone de un control electrónico, lo que permite un ajuste continuo de la presión de sobrealimentación independiente del régimen del motor, lo que se puede complementar con dos turbocompresores en serie, solución prevista para superar la normativa de emisiones en su Fase 4.

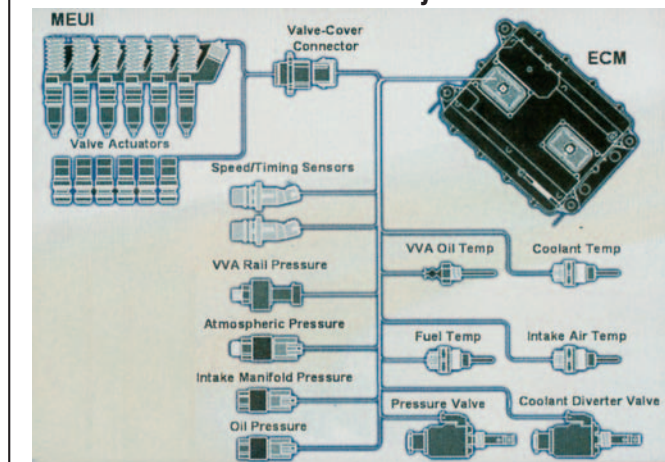
La inyección puede realizarse de 3 formas diferentes: con alta presión y control electrónico mediante *common rail*, con presiones de inyección hasta 1800 bar, que se utiliza en los motores más pequeños; o bien con inyector-bomba de accionamiento mecánico y control electrónico (sistema

EUI), o de accionamiento hidráulico y control electrónico (HEUI). En estos dos últimos casos la presión de inyección alcanza los 2 000 bar, y se utilizan en motores grandes, ya que ofrecen costes de mantenimiento más bajos si se compara con el *common rail*.

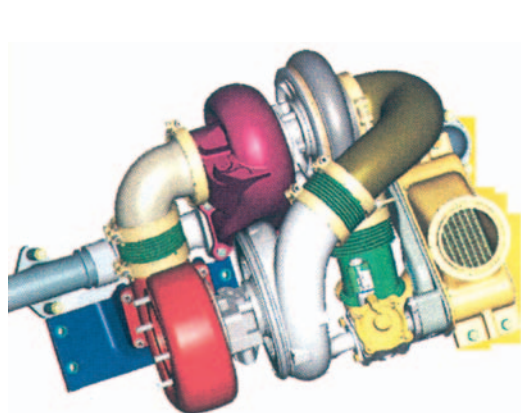
Estos conceptos pueden combinarse en el futuro con sistemas de recirculación de los gases de escape refrigerados, y con los sistemas de inyección de urea. En la fase actual se utiliza un sistema de escape en acero inoxidable con estructura de tipo panel y un revestimiento químico que oxida los hidrocarburos sin quemar y el monóxido de carbono produciendo anhídrido carbónico y agua.

En la actualidad, los motores Caterpillar C7, C9, C11 y C13, de 6 cilindros, suministran potencias entre 168 y 328 kW a un régimen de 1800 rev/min, respetando los niveles de emisión establecidos por las normas europeas y americanas Fase IIIA/Tier 3.

Sistema de control con inyector-bomba



Doble turbo en serie



La tecnología de Cummins en los motores QSB Fase III

Han re proyectado estos motores para conseguir prestaciones, durabilidad y reducción de los niveles de ruido emitido, en compatibilidad con el nivel de emisiones establecido en la Fase III, lo que ha requerido diseñar un nuevo bloque motor con mayor cilindrada y la utilización de inyección a alta presión mediante *common rail* (1 600 bar).

El *common rail* se integra en el sistema electrónico de gestión Cummins CM850 que duplica su velocidad de gestión de datos, unidad que se encuentra protegida de sobrecargas térmicas y vibraciones para asegurar su fiabilidad y duración.

Los motores de 4 cilindros, con 4.5 litros de cilindrada (3.9 litros en la versión anterior), suministrando potencias entre 82 y 127 kW; con el de 127 kW (170 CV) se consigue un incremento de la potencia del 30% respecto al correspondiente a la Fase II. Los de 6 cilindros pasan de 5.9 a 6.7 litros de cilindrada, y suministran potencia entre 100 y 205 kW. Son motores muy compactos que se adaptan a espacios reducidos.

Asimismo, se consigue una reducción de 9 dB(A) en el nivel de ruidos emitido como consecuencia de utilizar un monobloque rígido, y por los cambios introducidos en la posición de la distribución y de los taqués, de manera que se alcanza el mismo nivel a plena carga que en su antecesor sin carga.

Deutz y su técnica DVERT

Este grupo industrial ofrece una gama muy amplia de motores hasta 500 kW de potencia que satisfacen los límites establecidos por las normas relativas a los gases de escape.



SISTEMA AGREX DE RECIRCULACIÓN

EXTERNA REFRIGERADA DE LOS GASES DE ESCAPE, Y DOS BOMBAS DE ALTA PRESIÓN LUBRICADAS QUE PERMITEN UTILIZAR BIODIÉSEL DE COLZA



Para ello ha desarrollado su técnica DVERT (*Deutz Variable Emissions Reucktions Technologie*), o sea, la tecnología Deutz variable para la reducción de las emisiones, que le permitirá satisfacer los límites fijados para las Fases III y IV de la normativa.



Con los motores TDC 2012/2013 cubre la gama entre los 64 y 200 kW de potencia con 2 válvulas por cilindro. En ellos ha realizado una optimización de la combustión interna utilizando sistema de inyección por *common rail* DCR y control de gases de escape, reduciendo el nivel de emisión sonora en 3 dB(A).

Los TDC 2012 disponen de 4 ó 6 cilindros, con 1 litro de cilindrada unitaria, proporcionando potencias entre 64 y 155 kW, con régimen de funcionamiento entre 1 500 y 2 400 rev/min. Los TDC 2013, también de 4 ó de 6 cilindros, disponen de 1.2 litros de cilindrada unitaria.

En el grupo de los TDC 2013 se encuentra el LO6 4V de 7.14 litros de cilindrada, que equipa el Fendt 936 Vario, con 235 kW de potencia, que cumple la Fase III de la normativa europea, dotado de 4 válvulas por cilindro e inyección por *common rail*. Dispone del sistema Agrex de recirculación externa refrigerada de los gases de escape, y dos bombas de alta presión lubricadas que permiten utilizar biodiésel de colza.

La nueva serie 914 (Fase III), que es continuación de las series 912 y 913, mantiene la refrigeración por aire, a la vez que ofrece robustez y simplicidad constructiva. Son motores de 3, 4 ó 6 cilindros en línea, con 1.08 litros de cilindrada unitaria (102 mm de diámetro y 132 mm de carrera) suministran potencias, a 2 500 rev/min de 46, 61 y 74.9 kW.

La bomba de inyección dispone de un mecanismo para el

 **EN SU GAMA DE MOTORES MEDIOS Y PESADOS, IVECO MOTORS RECURRE A LA RECIRCULACIÓN INTERNA DE LOS GASES DE ESCAPE PARA CONSEGUIR SUPERAR LOS LÍMITES DE EMISIONES ESTABLECIDOS** 

control de la velocidad, a la vez que se utiliza la recirculación de los gases de escape (EGR) previamente refrigerados, controlada mediante una válvula electrónica.

Para potencias de más de 240 kW (hasta 500 kW) se dispone de la serie TDC 2015, turbodíesel con intercambiador de calor y refrigeración por agua, con régimen nominal de 1900/2 100 rev/min, que utiliza 6 u 8 cilindros ('en V' a 90°) con 4 válvulas en cabeza por cilindro, manteniendo el sistema de inyección original de Deutz de bomba única y mando electrónico.

Iveco con EGR interno

La Iveco Motors en su gama de motores medios y pesados recurre a la recirculación interna de los gases de escape para conseguir superar los límites de emisiones establecidos. El sistema EGR (*Exhaust Gas Recirculation*), con turbocompresores de geometría variable y el control electrónico de los actuales motores de inyección mecánica le permiten hacerlo.

Con el EGR se consigue que las dimensiones externas de la nueva familia se mantengan inalterables con respecto a la anterior (Fase II), por lo que se facilita el cambio de motor en los tractores.

La gama de motores NEF comprende los modelos de 3, 4 y 6 cilindros, con cilindradas entre 3.36 litros y 58 kW de po-

tencia, y 6.72 litros que suministra 202 kW de potencia a 2 500 rev/min. En todos ellos se utiliza un bloque fundición estabilizada con camisas integradas, conductos de admisión de alta turbulencia, con 2 ó 4 válvulas por cilindro, y aspiración natural, turbo o turbo con postenfriado. La presión de inyección es de 1 600 bar, y se realiza el control electrónico de todos los parámetros del motor, del aire y del carburante para optimizar el proceso de combustión, incluso en los modelos dotados de bomba mecánica (NEF de gama media).

En la gama Cursor, que comprende tres modelos de 6 cilindros en línea, se utiliza sistema de inyector bomba de control electrónico, alcanzándose potencias entre 180 y 395 kW, también preparados para cumplir la normativa Fase III/Tier 3.

La 'familia' Powertech de John Deere

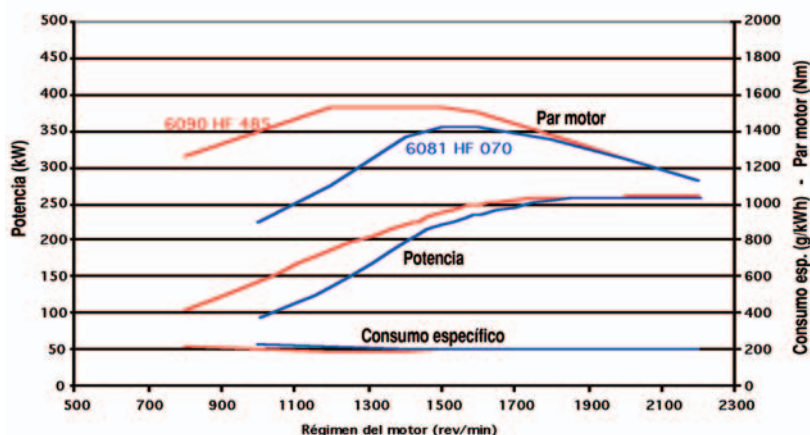
La John Deere Power System ha incluido una nueva categoría en la familia PowerTech, la PowerTech Plus, que completa las anteriores E y M.

Con esta nueva categoría se ofrece, a la vez que cumplir la normativa de emisiones Fase III, más elevadas prestaciones y consumos reducidos. Se dispone de motores con cilindradas de 4.5, 6.8, 9.0 y 13.5 litros, con potencias entre 111 y 448 kW.

Los motores PowerTech E utilizan sistema de inyección *common rail* de alta presión para mejorar la eficiencia de la combustión y sistema de gestión electrónica, lo que les permite ser competitivos con respecto a los motores certificados como Fase II/Tier 2. Están disponible en cilindradas entre 2.4 litros a 6.8, suministrando potencias entre 45 y 149 kW.

En los motores PowerTech Plus se aumenta el nivel de tecnología utilizada, incluyendo, además, el sistema de recirculación externa de los gases de escape EGR con refrigeración de los mismos y de turbocompresor de geometría variable (VGT), así como 4 válvulas por cilindro, lo que permite que aumente el par

Curvas características de motores PowerTech Plus y PowerTech E



Nuevo motor 6090 HF485, de 9 litros de cilindrada 4V - VGT - EGR. Fase III

motor, la potencia y la eficiencia en el aprovechamiento del combustible. Se utilizan pistones de acero de una sola pieza y disponen de una centralita electrónica ECU que gestiona los parámetros de funcionamiento del motor a partir de los sensores.

Los motores PowerTech E ofrecen economía constructiva y están dotados de un nuevo sistema de inyección mecánica, que produce una presión de inyección más elevada para conseguir una inyección más eficiente, y están dirigidos a cubrir las necesidades de los tractores de menor potencia.

Perkins y la modulación

Un fabricante como Perkins que fabrica 300 000 motores/año con 21 000 especificaciones diferentes, ha considerado prioritaria la utilización de un sistema modular, de manera que, con una base común, se puedan cumplir las exigencias en los niveles de emisión que impone cada mercado.

Así la plataforma 1100 de motores con 1.1 litro de cilindrada unitaria, admite las variantes 1100A, 1100B, 1100C y 1100D, la primera de ellas para mercados en los que no se exige la limitación de emisiones, mientras que la B, C y D, cumplen, respectivamente los niveles de las Fases I, II y III.

En los 1100D, para cumplir la normativa en su Fase III, se utiliza la tecnología ACERT de Caterpillar, a la vez que se fabrican para que sean tolerantes para todo tipo de carburantes, incluido queroseno y biodiésel.

Se ofrecen las versiones de 4 cilindros (1104D) y de 6 cilindros (1106D), con sistema de alimentación mecánico y electrónico, con 2 ó 4 válvulas por cilindro, con aspiración natural, turbo y turbo con refrigeración. Las potencias suministradas varían entre los 50 y los 186 kW, con régimen de 2 200 rev/min.

En todos los casos se mantiene los puntos de fijación del motor con respecto a los 1100C, lo que facilita la incorporación de los nuevos motores a medida que lo exija la reglamentación.

Same actualiza su Serie 1000

Los nuevos motores diseñados para superar la normativa de emisiones de la Fase II utilizan la refrigeración por agua, y se utiliza un bloque motor con nervaduras que lo hacen más rígido y permite el paso del varillaje de la distribución por el interior.

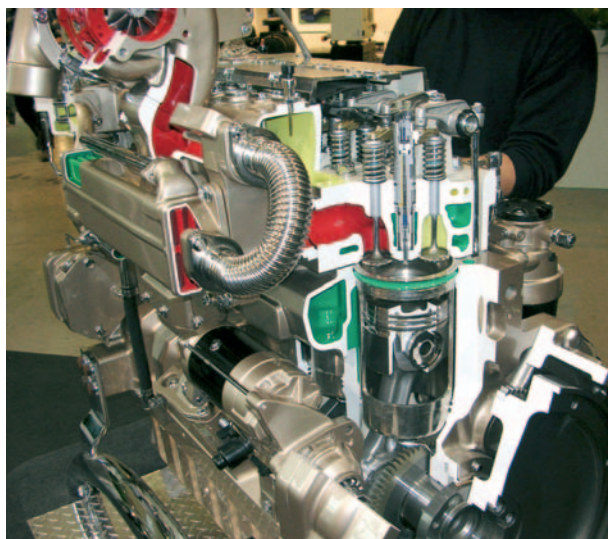
La presión en los inyectores alcanza los 1 100 bar y se ha modificado la forma de la cámara de los pistones para aumentar las prestaciones, disminuyendo el consumo y las emisiones de los gases de escape. Está dotado de un sistema de regulación electrónica que ajusta la inyección en función del régimen de giro y del nivel de carga para optimizar la combustión.

Con 6 cilindros y 6 litros de cilindrada, se obtienen, a 2 000 rev/min, potencias de 77.3 kW (modelo 1000.6W), 91.5 kW (modelo 1000.6WT – turbo) y 116 kW (modelo 1000.6WT-S – turbo con refrigeración).

Sisu con control electrónico EEM3

La tercera generación de motores Sisu utiliza un sistema de control electrónico EEM3 que permite una potencia máxima superior a la nominal. Utiliza un sistema continuo de alimentación que la baja al mínimo en el caso de una anomalía.

El sistema *common rail* y el control electrónico EEM3 permiten que la inyección se realice en 5 etapas, lo que permite reducir



el consumo y asegura un menor nivel de emisión sonora.

En los modelos de la serie Citius se alcanzan potencias entre 137 y 211 kW, siendo la Citius T la correspondiente a los motores de 6 cilindros y la Citius N a los de 4.

En el SisuDiesel 66CTA-4V, con 4 válvulas por cilindro e inyección directa sobre la cabeza del pistón, con 6.6 litros de cilindrada total, se alcanzan potencia máxima variable entre 184 y 210 rev/min a 2 000 rev/min.

Los de baja potencia también cambian

Después de revisar las marcas de motores que más se utilizan en los tractores agrícolas de potencias medias y altas, queda hacer un breve repaso a las que ofrecen modelos de baja potencia, como Kubota o Lombardini.

Kubota utiliza el sistema exclusivo TVCS (*Three Vortex Combustion System*) en el que la mezcla del aire con el combustible se realiza mediante la generación de un intenso flujo de aire de gran turbulencia (*vortex*) en el interior de una cámara de combustión de forma esférica. La forma y dimensiones de la cámara de combustión son esenciales para cumplir la normativa de emisiones. En los motores con sistema de inyección indirecta (IDI) se necesita la presencia de una precámara. También se utili-



za en los motores E-TVCS pistones de molibdeno sulfurado.

Lombardini, para reducir el nivel de emisiones ha utilizado un sistema de combustión/inyección que incluye bomba propia con flujo unidireccional tipo QLC (bomba única sumergida).

Un paso más hacia delante

Las perspectivas en la evolución de la reglamentación sobre la emisión de gases en el escape de los motores de uso agrícola po-

nen claramente de manifiesto que los avances de la industria son un paso hacia delante, pero habrá que dar algunos pasos más para llegar a la meta que se ha fijado.

A este respecto, el tratamiento de los gases de escape, antes de que salgan a la atmósfera, puede ayudar a avanzar en la buena dirección, ya que ofrece versatilidad a los fabricantes de motores, que de esta manera podrían dedicar sus esfuerzos a mejorar las prestaciones y reducir el consumo de combustible. Esta técnica, que lleva algunos años aplicándose a vehículos de carretera, se ba-

sa en el empleo de un sistema de catalizadores oxidantes y reductores, combinados con filtros de partículas que se autoregeneran, de manera que, con la incorporación de una solución acuosa de urea, en proporción de 1 litro por cada 25 de gasóleo, se eliminen los gases nocivos, especialmente los NO_x, que se transforman en nitrógeno como el que se encuentra presente en la atmósfera.

Así se puede llegar a conseguir que un camión circulando por una ciudad con la atmósfera contaminada deje más limpio el aire que expulsa por el escape que el que recibe por la admisión, todo ello gracias a un producto como la urea que se encuentra en el 'pipí' de las vacas. ¿Podrán algún día vender los ganaderos el purín de sus vacas en las estaciones de servicio?

 **LUIS MÁRQUEZ**

ES COMO TENER LAS LLAVES DE LA CONCESIÓN

Nuevo JDParts

Acceda a JDParts por Internet desde su hogar u oficina. Le sorprenderá un nuevo estilo, con mayor facilidad de navegación y mejores búsquedas.

P 1053 ES screen



Nuevas y mejores características:

- **Más repuestos y productos de consumo que nunca**
- **Nuevos sistemas de búsqueda**
- **Listas de solicitudes**

JD PARTS
JOHNDEERE.COM